

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2001-520763

(P2001-520763A)

(43) 公表日 平成13年10月30日 (2001. 10. 30)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

テマコード* (参考)

G 0 2 B 6/00

3 7 6

G 0 2 B 6/00

3 7 6 A

C 0 3 C 3/06

C 0 3 C 3/06

13/04

13/04

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-544941
 (86) (22) 出願日 平成10年4月11日 (1998. 4. 11)
 (85) 翻訳文提出日 平成11年10月21日 (1999. 10. 21)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP 98/02119
 (87) 国際公開番号 WO 98/47829
 (87) 国際公開日 平成10年10月29日 (1998. 10. 29)
 (31) 優先権主張番号 197 16 869. 8
 (32) 優先日 平成9年4月22日 (1997. 4. 22)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), CA, CN, JP, KR, RU, US

(71) 出願人 ドイツ国 テレコム アーゲー
 ドイツ国、デー—53113 ボン、フリードリヒエベルト—アレ 140
 (72) 発明者 ハイトマン、ワルター
 ドイツ国、デー—64401 グロス—ビーベラウ、フライヘル—フェーム—シュタイン—シュトラッセ 41
 (72) 発明者 クライン、カール—フリードリヒ
 ドイツ国、デー—61169 フリードベルグ、アルメンドシュトラッセ 35
 (74) 代理人 弁理士 岡部 正夫 (外11名)

(54) 【発明の名称】 導波管のための人工同位体分布を有するガラス

(57) 【要約】

導波管は、今日、通信網、医療技術・センサ技術分野での伝送導線、および材料処理用の高度の光性能の伝送用、およびエネルギー伝送用の導線として広い範囲で使われる。石英ガラス製の導波管は一般には伝送能力が高く、減衰が少ないことが特徴である。しかし、導波管に用いられるガラスの赤外線吸収は、現在多く利用されている分野、および新しい応用分野に関しては大きすぎる。それゆえ、低減され最少の減衰係数にして生産できる導波管について記述する。このことは、ガラス材料を、天然の同位体分布の質量数よりも大きい質量数を持つ原子で構成することによって可能となる。石英ガラスないしドーピングされた石英ガラスは、主に、あるいは完全に、質量数が29および/または30であるシリジウム原子と、そのほかに、主に、あるいは完全に質量数が17および/または18の同位体で構成される酸素原子で作られる。天然の同位体混合物の場合よりも質量数の大きいゲルマニウム原子をドーピングするために、好適に同位体⁷⁶Geの原子が使われる。減衰係数0.15 dB/km以下の石英ガラスベースの導波管に関して

は、好適に³⁰Si、および/または¹⁸Oで構成される原子を持つガラスが好適に使われる。この種の導波管はすでに述べたように波長2.0~3.0 μmの、高エネルギーで、パルスのある、または持続的なレーザ光の伝送にも適している。こうした導波管は2.1 μmの場合、ホルミウムレーザ光の伝送に、および波長2.79~2.94 μmのErレーザ光の伝送にも適している。

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

1. 石英ガラス製の導波管において、ガラス材料が、純粋な、またはドーピングされた石英ガラスであり、天然の同位体分布の質量数より大きい質量数を持つ原子で構成されていることを特徴とする石英ガラス製導波管。

2. 石英ガラスないしドーピングされたガラスに存在するシリジウム原子が主に、または完全に、質量数29および／または30を持つことを特徴とする請求項1に記載の導波管。

3. 石英ガラスに存在する酸素が、主に、または完全に質量17および／または18の同位体で構成されることを特徴とする請求項1または請求項2の何れか1項に記載の導波管。

4. 石英ガラスに存在するシリジウム原子が、主に、または完全に質量数29および／または30を持っており、存在する酸素原子は主に、または完全に質量数17および／または18を持つことを特徴とする請求項1に記載の導波管。

5. 石英ガラスが好適に同位体 ^{76}Ge の原子でドーピングされていることを特徴とする請求項1－請求項4の何れか1項に記載のドーピング石英ガラス製導波管。

6. 前記ガラスが天然の同位体分布で規定されるよりも大きい質量数の原子で構成されており、それが、特に、減衰が0.15 dB/km以下の同位体 ^{30}Si および／または ^{18}O および／または ^{76}Ge で実現されていることを特徴とする請求項1の上位概念に記載の石英ガラス製導波管。

7. 接続エリアでの導波管では、接続面での出力密度を減少させるためにファイバ直径は円錐状の軌跡になることを特徴とする請求項1－請求項6の何れか1項に記載の導波管。

8. 波長2.0～3.0 μm の高エネルギーの、パルスのある、または継続的なレーザー光を伝送するために使用できることを特徴とする請求項1－請求項7の何れか1項に記載の導波管。

9. 波長2.1 μm のホルミウムレーザー光を伝送するために使用できることを特徴とする請求項8に記載の導波管。

(3)

10. 波長2.79および2.94 μm のエルビウムレーザ光を伝送するために使用できることを特徴とする請求項8に記載の導波管。

11. 海底ケーブル、遠距離導線に、また短い導線にも、たとえば、医療技術または材料加工用にも利用可能な導線としても実施されていることを特徴とする請求項1－請求項10の何れか1項に記載の導波管。

12. 赤外線放射によるエネルギー伝送のためにドーピングされて使われ、前記同位体分布は通常の分布とは異なっていることを特徴とする請求項1－請求項11の何れか1項に記載の導波管。

【発明の詳細な説明】

導波管または類似品のためのガラス

本発明は、請求項 1 の上位概念に沿った導波管または類似品のためのガラスに関する。

導波管は基本的には既知であり、通信網の伝送導体として広い範囲で使用される。医療面でも、センサ技術に関して利用され、材料加工用の高度な光の性能を伝送するための導波管の利用も増えている。情報伝送のためには、主に直径約 $10\text{ }\mu\text{m}$ のコアと、それより屈折率が小さく、直径 $125\text{ }\mu\text{m}$ のクラッドを持つ石英ガラスで作られる単一モードファイバが使われる。既知の導波管は石英ガラスで作られ、伝送能力が大きく、減衰が少ないことが特長である。波長 $1.57\text{ }\mu\text{m}$ の場合の最少減衰は約 0.20 dB/km となる。1986 年、日本の住友が、田中他の著作物「純粋シリコンコアの単一モード光ファイバの特性」住友電気技術論文集、26 (1987) 43において、 0.15 dB/km という最良値を発表した。

波長 $1\text{ }\mu\text{m}$ の上部の単一モードファイバの減衰 α は、3つの構成要素で合成される。分散 α_S 、OH 吸収 α_{OH} および赤外線吸収 α_{IR} である。OH 吸収は OH イオンのわずかな凝縮物を石英ガラスに入れることが前提である。それは波長に強く依存しており、約 $1.4\text{ }\mu\text{m}$ の場合、吸収帯のスペクトル減衰曲線に表れる。光通信技術にとって重要な光波領域 $1.5\sim 1.7\text{ }\mu\text{m}$ の間の減衰は、実際には分散損失と赤外線吸収によってのみ決まる。分散損失は本質的には Rayleigh 分散が前提であり、波長 λ が $1/\lambda^4$ で延びるにつれて小さくなる。赤外線吸収は約 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ で始まり、波長が長くなるにつれ急激に増える。減衰最小値は $1.57\text{ }\mu\text{m}$ の場合であるが、それは、そこでの分散損失の減少と赤外線吸収の

増加が同じ大きさであるためである。

図 1 は、そうした実情を $1.1\sim 1.7\text{ }\mu\text{m}$ の間の波長について、単一モードファイバのスペクトル減衰曲線によって示す。 $1.4\text{ }\mu\text{m}$ での OH 吸収帯がはっきりわかる。 $1.57\text{ }\mu\text{m}$ での最小値のとき、このファイバは 0.17 dB/km の減衰を示す。OH 吸収・赤外線吸収のない分散損失は点線で示してある。

1. $5\mu\text{m}$ の上部の波長では、OH吸収は実際には何の意味もない。約 $1.6\mu\text{m}$ から赤外線吸収が増える。M. E. Lines他の出版物「 $1.5\sim 1.9\mu\text{m}$ で可能な超低損失光学材料としてのアルミン酸カルシウム・ガラス」非結晶体ジャーナル107(1989)251からわかるように、赤外線吸収は以下の公式 $\alpha_{\text{IR}}=A\cdot e^{-a/\lambda}$ で計算される。但し、石英ガラス $A=6\cdot 10^{11}\text{dB/km}$ であり、 $a=48\mu\text{m}$ である。式から $1.55\mu\text{m}\sim 1.7\mu\text{m}$ では $0.02\text{dB/km}\sim 0.33\text{dB/km}$ の赤外線吸収が計算される。ガラスの赤外線吸収は、S. 小林他の出版物「赤外線波長領域の光ファイバの特性」電気通信研究26、3-4(1978)453からわかるように、非常に強い振動帯の張りだし(フォノン)によって長波の赤外線領域で引き起こされる。純粋な石英ガラスの優勢な吸収帯は $9.1\mu\text{m}$ のときに見られ、最大で 10^{10}dB/km の減衰になる。吸収帯のスペクトル状態と幅は関係する原子の質量、つまり石英ガラスの場合はシリジウムと酸素の質量で決まる。その物理的基礎についてはT. Ruff他の出版物「バネと質量について：同位体純粋半導体の物理学」物理学論文集52、11(1996)1115に詳しく説明されている。これまで導波管製造のために使われていた純粋な石英ガラスとドーピングされた石英ガラスには、関連する元素の天然の同位体混合物を使う。つまり純粋の石英ガラスにはシリジウムと酸素である。ドーピング材料には主にゲルマニウムとフッ素が使われる。

本発明の基礎的課題は、赤外線吸収が少ないガラスを作成することであり、そ

のガラスは、特に、明らかに低減された最少減衰係数を持つ導波管に適しており、効率的な製造に適している。

本発明の解決は請求項1および請求項2の特徴部分に記載されている。

本発明のその他の成形ないし解決については請求項3-請求項12の特徴部分で明らかになる。

天然の同位体分布の質量数よりも大きい質量数を持つ原子で構成されるガラスであるために、質量数(原子質量)が増えると吸収帯は長い波長の方へ移動し、その線の幅は狭くなる。こうした2つの作用により、赤外線吸収の始まりが、長い波長の方へ移り、それにより、そのような組成のガラスで作られる導波管また

は類似品の、本質的にさらに幅広い応用スペクトルがもたらされる。導波管のコストは、特に高価な海底ケーブル製造の場合では、全体費用のわずかな部分を占めるに過ぎない。本発明の導波管はわずかな減衰を示すためにリピーターないし増幅器を節約できるか、または完全に省略できるようになり、それによって多くの場合、海底ケーブルまたは国内の遠距離ケーブル建設の場合、ファイバのコストは高くなるが、それでも高い伝送品質であれば、全体的に著しいコスト節約になる。

本発明を実施例を用いて以下に詳しく説明する。

図1は、 $1.1 \sim 1.7 \mu\text{m}$ の間の波長の、単一モードファイバのスペクトル減衰曲線が示すが、これについてはすでに述べた。

まず始めに表を示すが、ここには、「物理学ハンドブック5版」1976、ビューベク出版、ブラウンシュバイク、編集者H. エーベルトのデータに従ってシリジウムと酸素の安定した同位体をまとめている。

表

酸素 : O		フッ素 : F		シリジウム : Si		ゲルマニウム : Ge	
質量数 /		質量数 /		質量数 /		質量数 /	
頻度 %		頻度 %		頻度 %		頻度 %	
16	99.76	19	100	28	92.2	70	20.5
17	0.037			29	4.7	72	27.4
18	0.204			30	3.1	73	7.7
						74	36.5
						76	7.8

これまで生産されていた導波管用の石英ガラスでは、天然の同位体混合物が使用されていた。純粋な石英ガラスについては、表に従って、実質的に ^{28}Si 、 ^{16}O で構成される同位体混合物が使われる。本発明の基礎になる原則的な考え方は、天然の同位体混合物ないし軽い同位体は、すべて、または部分的に重い同位体で代替できる、つまり SiO_2 は ^{30}Si と ^{16}O 、または ^{30}Si と ^{18}O 、または 28

^{28}Si と ^{18}O で製造できるという考え方である。増えた質量数の合計（原子質量）は、吸収帯を長い波長の方へずらせ、線幅を細くするように作用する。この2つの作用により、赤外線吸収の始まりを長い方の波長の方へ移動できる。吸収帯のスペクトル状態の移動は、T. Ruff 他「バネと質量について、「同位体純粋半導体」、物理学論文集52, 11 (1996) 1115」に従って $1/\sqrt{M}$ （ M は質量数）に比例し、吸収帯の幅は $1/M$ に比例する。 ^{28}Si が ^{30}Si で代替されるなら9.1 μm での帯については9.25 μm に沿った移動になり、これは0.15 μm の差異に対応する。吸収帯の幅の減少は基本的には短波スペクトル領域、つまり最少減衰値での赤外線吸収の始まりに二重の効果を持つので、

^{30}Si と ^{16}O で作られている導波管にとっては、1.5 μm ではなく1.95 μm の場合にはじめて著しい赤外線吸収が始まる。それによって最少減衰値は1.95 μm の方へ移動する。石英導波管での分散損失についての、これまでに実現された数値によって、0.1 dB/km以下の減衰係数が得られる。

^{30}Si ^{18}O で石英ガラスを作るなら、赤外線吸収の始まりは約1.35 μm 移動し、つまり最少減衰値は2.85 μm の方へ移動し、それによって0.05 dB/km以下の減衰係数が得られる。

減衰係数が0.1ないし0.05 dB/kmの導波管は、特に海底ケーブルにとって新しい可能性を開く。これまで、海底ケーブルには所定の間隔でリピーターまたは光学的増幅器を取りつけなければならなかった。これには、エネルギー供給のために電氣的遠隔給電が必要であり、そのためにコストが高くなった。沿岸部については、リピーターないし増幅器が不要の、ファイバ減衰が0.2 dB/kmの場合は最大500 kmに敷設できるケーブルが開発された。0.1 dB/km以下の導波管が本発明のガラスの利用により使用できるならば、そうした海底ケーブルで、さらに大陸全体をも増幅器ないしリピーターなしで結合できるようになる。

純粋同位体または、天然の分布とは異なる同位体混合物のガラスの製造コストは高いが、提案されている解決策を実際に利用すれば、以下の理由からコストの持つ意味はそれほど重要ではなくなる。

導波管ないしその予備的形成品は、いわゆる「透きかけ」によって製造可能であり、その方法は現在すでに実際に使われている。その際、内部の予備的形成品、つまりコアとコアに近い部分が通常の方法で製造される。この内部の予備的形成品に、純粋の石英ガラス製の厚壁の管（透きかけ管）が熔融され、その製造コストは同量であれば、実質的に、内部の予備的形成品のためのコストよりも低くなる。

る。

内部の予備的形成品の材料の割合は、その予備的形成品から作られるファイバでの減衰を増大させずに、全体量の約5%まで下げることができる。そのことから、ファイバ材料の5%だけを、変えられた同位体合成のガラスで製造しなければならなくなる。これは質量が2グラム以下の単一モードファイバ1キロメートルに対応する。

費用のかかる海底ケーブルの場合、導波管のコストは全体コストのほんの一部である。導波管の減衰が少なくなることによってリピーターと増幅器が節約されるか、または完全に省略できるなら、長い海底ケーブル区間での使用、または内陸での遠距離ケーブルの場合にも、ファイバコストは高くなるがそれでも全体としては伝送品質が高くなり、修理頻度が少なくなるなら、実質的にコストは低くなる。

重い同位体で、ドーピング材料の天然の同位体配分を代替すれば、赤外線吸収のわずかな変化が期待できる。フッ素の場合は安定した同位体だけである。すべてのゲルマニウム同位体の質量数はシリジウムと酸素の質量数よりかなり多い。そのほかに、通信技術で、もっともよく使用される標準単一モードファイバでは、コア材料は約5%の $G\circ O_2$ がドーピングされる。ドーピングを増やせば、たとえば、分散移動される単一モードファイバでは、天然の $G\circ$ 同位体混合物がドーピングされているガラスに比べると、 $^{76}G\circ$ を使用することにより、赤外線吸収の移動は少なくなる。

すでに言及したように、通信技術での利用は、長波のスペクトル領域に赤外線吸収が移動するような、重い同位体で作られる石英ガラスファイバにとって唯一

の利用分野ではないが、重要な利用分野であり、たとえば、赤外線レーザーによって工業的、医学的に利用される。

光吸収は、たとえば、組織や血液ではUV領域では、プロテイン吸収と水吸収によって引き起こされ、赤外線領域でも水吸収によって特に強く引き起こされる。UVレーザー光のための浸入深さは、CO₂レーザー(10.6 μ m)の光についても、Er:YAG(2.94 μ mの場合)、Er:YSGG(2.79 μ mの場合)の光についても1~20 μ mの範囲にある。吸収されたエネルギーがその他の形に変容するような短い区間を基礎にするなら、特にErレーザーは、非常に性能の高い、貫通展開される放射源として、医療面で大きな関心がもたれている。医療面では約2メートルの導波管が必要であり、その全体伝送は実質的に50%以下であってはならない。つまり望ましい減衰は最大で3 dBである。

さまざまな材料で作る導波管、たとえば、チャロゲンイド、ハロゲンイド、サファイア、空洞導管、液体光導管で作る導波管のどれも石英ガラスファイバの品質には達しないことも既知である。しかし、標準石英ガラスの大きな欠点は、Erレーザー波長の際の減衰が高いので、これまでは非常に短いファイバ部分での利用に限定されていたことである。

2.94 μ mの場合の石英ガラスファイバは12 dB/mの減衰率を持つ。つまり、長さ2メートルのファイバの端部では、結合された光能力の1%以下が出てしまうことが明らかになった。それに対して³⁰S i ¹⁶O₂製の石英ガラスが使用されるなら、対数で示される減衰が吸収最小値と最大値の間の真中にあるような領域で、吸収エッジは約0.3 μ mだけ移動する。これによって2.94 μ mでの赤外線吸収が約1.8 dB/mに減少する。この数値は実質的には先に記述した最少の減衰基準よりも高いが、しかし、この波長領域では十分である。長さ2mのガラスファイバの端部では、結合された放射出力の約40%が出ていく。こうした透過値は上述の基準では約50%になる。一方では、その他の石英ガラスと石英ガラスファイバの有利な特性は変わらない。それによって新しい石英ガラス

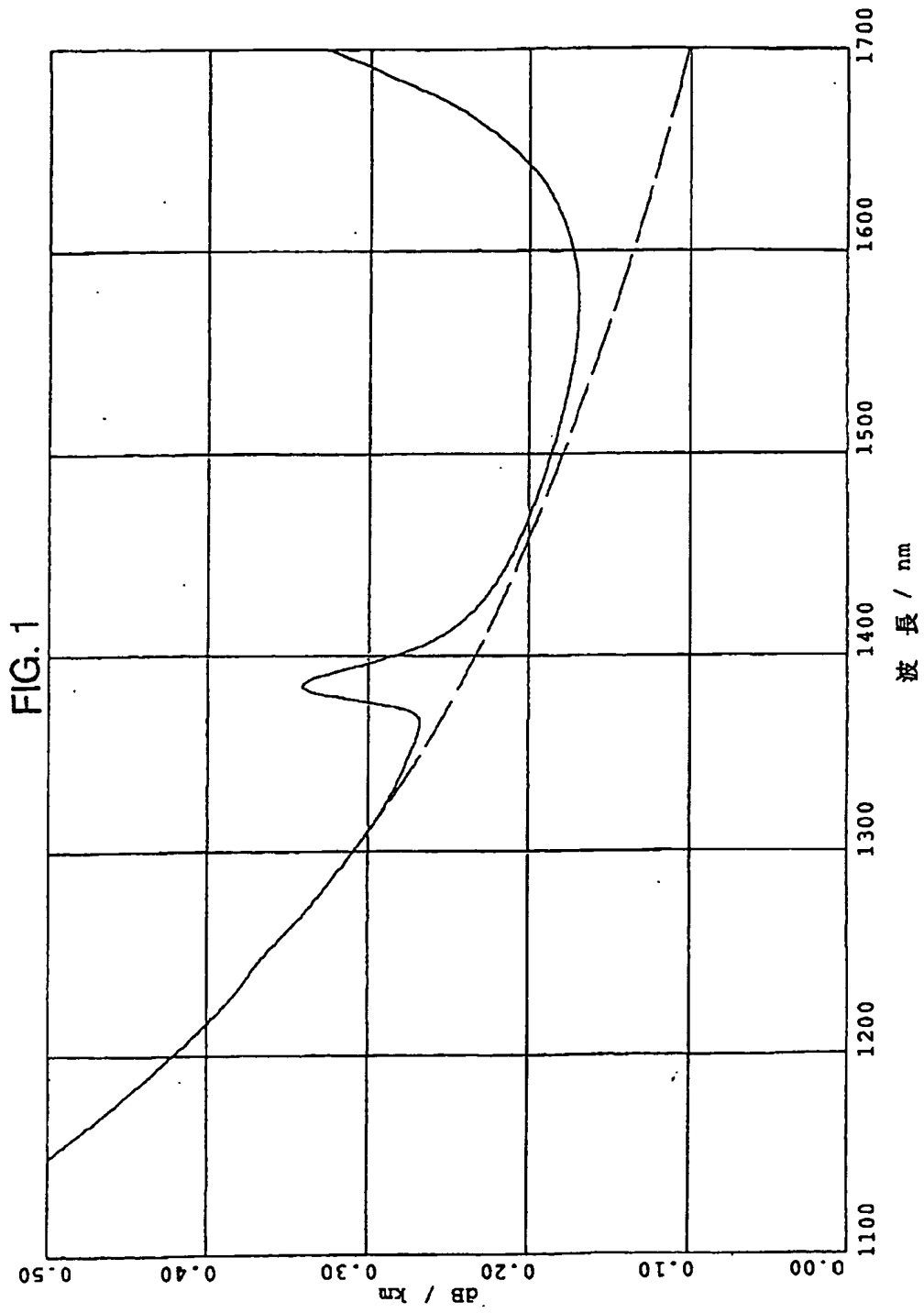
スファイバ伝送システムが医療技術では2.94 μm で実現可能になり、しかもコスト面で好都合なErレーザと接続される。

そのほかに、伝送される出力密度ないし出力は、吸収が少ないために実質的に増大し、しかも、これまで既知のファイバであれば著しい加熱と破裂をもたらすような数値にまで増大することが可能となる。それによって工業、特に材料加工における新しい応用分野が開かれる。

こうした応用の場合も、(重い)二酸化シリジウム ($^{30}\text{Si}^{16}\text{O}_2$) の使用はわずかである。ファイバが実質的に、より厚くなるが、それでも典型的なコア直径が200~600 μm 、典型的なクラッド・コア比率が1.1~1.4になり、ファイバ長さは約2mになり、実質的に、より短くなるためにグラム単位と同位体材料だけが必要となる。コア直径200 μm とクラッド直径240 μm の1本のファイバの重さは約0.2グラムにすぎない。

(11)

【図 1】



【手続補正書】特許法第184条の8第1項

【提出日】平成11年4月19日（1999. 4. 19）

【補正内容】

明細書

導波管または類似品のためのガラス

本発明は、請求項1の上位概念に沿った導波管または類似品のためのガラスに関する。

導波管は基本的には既知であり、通信網の伝送導体として広い範囲で使用される。医療面でも、センサ技術に関して利用され、材料加工用の高度な光の性能を伝送するための導波管の利用も増えている。情報伝送のためには、主に直径約 $10\mu\text{m}$ のコアと、それより屈折率が小さく、直径 $125\mu\text{m}$ のクラッドを持つ石英ガラスで作られる単一モードファイバが使われる。既知の導波管は石英ガラスで作られ、伝送能力が大きく、減衰が少ないことが特長である。波長 $1.57\mu\text{m}$ の場合の最少減衰は約 0.20dB/km となる。1986年、日本の住友が、田中他の著作物「純粋シリコンコアの単一モード光ファイバの特性」住友電気技術論文集、26（1987）43において、 0.15dB/km という最良値を発表した。

日本の特許抄録JP-A-60090845には、多孔性の SiO_2 （石英ガラス）、および GeO_2 でドーピングされた石英ガラスでガラスを作る場合の、ヘリウムと重水素によるガス洗浄装置について記述されている。ヘリウムはこのプロセスの場合、石英ガラスの構造的欠陥を低減し、その後、完全にリークする。重水素は水素同位体であり、材料から水素原子を押し出すので、前形態では、OH群の代わりにOD群を形成する。石英ガラスに濃度 0.0001% 以下の汚染物質として存在することのあるOH群は、赤外線波長領域での吸収帯域の原因になる。水素を重水素で代替すると吸収帯域は長い波長の方に移る。それによって、たとえば、光学的情報伝達にとって重要な領域およびOH吸収による追加損失を

示す領域では、追加吸収がなくなる。こうした技術は高価であり、実際には採用

されていない。ファイバー製造者が石英ガラスのOH凝縮を、OH吸収が実際には何の役割も果たさない程度に減少させるからである。

そのほかにデータベースの「化学抄録；受け入れ番号81：44002」で、 ^{29}Si をドーピングした石英ガラスが基本的には周知である。

波長 $1\mu\text{m}$ の上部の単一モードファイバの減衰 α は、3つの構成要素で合成される。分散 α_S 、OH吸収 α_{OH} および赤外線吸収 α_{IR} である。OH吸収はOHイオンのわずかな凝縮物を石英ガラスに入れることが前提である。それは波長に強く依存しており、約 $1.4\mu\text{m}$ の場合、吸収帯のスペクトル減衰曲線に表れる。

波長 $1\mu\text{m}$ の上部の単一モードファイバの減衰 α は、3つの構成要素で合成される。分散 α_S 、OH吸収 α_{OH} および赤外線吸収 α_{IR} である。OH吸収はOHイオンのわずかな凝縮物を石英ガラスに入れることが前提である。それは波長に強く依存しており、約 $1.4\mu\text{m}$ の場合、吸収帯のスペクトル減衰曲線に表れる。光通信技術にとって重要な光波領域 $1.5\sim 1.7\mu\text{m}$ の間の減衰は、実際には分散損失と赤外線吸収によってのみ決まる。分散損失は本質的にはRayleigh分散が前提であり、波長 λ が $1/\lambda^4$ で延びるにつれて小さくなる。赤外線吸収は約 $1.5\mu\text{m}$ で始まり、波長が長くなるにつれ急激に増える。減衰最小値は $1.57\mu\text{m}$ の場合であるが、それは、そこでの分散損失の減少と赤外線吸収の増加が同じ大きさであるためである。

その物理的基礎についてはT. R u f 他の出版物「バネと質量について：同位体純粋半導体の物理学」物理学論文集52, 11 (1996) 1115に詳しく説明されている。これまで導波管製造のために使われていた純粋な石英ガラスとドーピングされた石英ガラスには、関連する元素の天然の同位体混合物を使う。つまり純粋の石英ガラスにはシリジウムと酸素である。ドーピング材料には主に

ゲルマニウムとフッ素が使われる。

本発明の基礎的課題は、赤外線吸収が少ないガラスを作成することであり、そのガラスは、特に、明らかに低減された最少減衰係数を持つ導波管に適しており、効率的な製造に適している。

本発明の解決は請求項1および請求項2の特徴部分に記載されている。

本発明のその他の成形ないし解決については請求項 3－請求項 10 の特徴部分で明らかになる。

天然の同位体分布の質量数よりも大きい質量数を持つ原子で構成されるガラスであるために、質量数（原子質量）が増えると吸収帯は長い波長の方へ移動し、その線の幅は狭くなる。こうした 2 つの作用により、赤外線吸収の始まりが、長い波長の方へ移り、それにより、そのような組成のガラスで作られる導波管または類似品の、本質的にさらに幅広い応用スペクトルがもたらされる。

請求の範囲（補正後）

8. 波長が 2.0 から 3.0 μm の高エネルギーで、パルスがあるレーザ光、または持続的なレーザ光を伝送するために導入され、

波長が 2.79 および 2.94 μm のエルビウムレーザ光を伝送するための導波管が使われることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 の何れかに記載の導波管。

9. 海底ケーブル、遠距離導線用に、および短い導線用としても、たとえば、医療技術または材料加工の分野でも利用されることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 の何れかに記載の導波管。

10. 赤外線放射によるエネルギー伝送のためにドーピングされた導波管が使われ、その同位体分布は通常の分布とは逸脱していることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 の何れかに記載の導波管。

【手続補正書】

【提出日】平成 11 年 12 月 20 日（1999. 12. 20）

【補正内容】

（1）発明の名称を下記の通り補正する。

「導波管のための人工同位体分布を有するガラス」

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Int. Appl. No.
PCT/EP 98/02119

 A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 C03C3/06 C03C13/04 G02B6/10

according to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 C03C G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 233 (C-304), 19 September 1985 & JP 60 090845 A (FURUKAWA DENKI KOGYO KK; OTHERS: 01), 22 May 1985, see abstract	1
A	HOSONO H ET AL: JOURNAL OF NON-CRYSTALLINE SOLIDS, vol. 179, 1994, page 39-50 XP004067796 see page 40, right-hand column, line 2 see page 44, left-hand column, paragraph 2; figure 8	1

-/--

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☐ Patent family members are listed in annex.

Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle of theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"Δ" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 August 1998

Date of mailing of the international search report

02/09/1998

Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2200 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3018

Authorized officer

Kuehne, H-C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Int. Patent Application No.
 PCT/EP 98/02119

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication where appropriate of the relevant passages	Relevant to Exam No.
A	GRISCOM D L ET AL: JOURNAL OF NON-CRYSTALLINE SOLIDS, vol. 182, no. 1-2, March 1995, page 119-134 XP004068031 see page 125, right-hand column, paragraph 3	1,2,4
A	CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 81, no. 8, 26 August 1974 Columbus, Ohio, US; abstract no. 44002, SILINS, A. ET AL: XP002074860 see abstract & MATER. SOVESHCH. LYUNIN. (KRISTALLOFOSFOR), 21ST MEETING, 1973, VSES. NAUCH.-ISSLED. INST. LYUMINOFOROV OSOBO CHIST. VESHCHESTV, STAVROPOL, USSR, page 192	1
A	LINES M E ET AL: JOURNAL OF NON-CRYSTALLINE SOLIDS, AMSTERDAM, NL, vol. 107, no. 2/03 + INDEX, January 1989, pages 251-260, XP000003525 cited in the application see the whole document	1
A	RUF T. ET AL: PHYSIKALISCHE BLÄTTER., vol. 52, no. 11, 1996, WEINHEIM DE, pages 1115-1120, XP002074859 cited in the application see the whole document	1
A	TANAKA G. ET AL: SUMITOMO ELECTRIC TECHNICAL REVIEW, vol. 26, 1987, OSAKA JP, pages 43-53, XP002074953 cited in the application see the whole document	1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.